



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 41 36 851 A 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
F 02 B 23/06  
F 02 M 61/18

21 Aktenzeichen: P 41 36 851.7  
22 Anmeldetag: 8. 11. 91  
43 Offenlegungstag: 13. 5. 93

DE 41 36 851 A 1

71 Anmelder:

AVL Gesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen  
und Meßtechnik m.b.H. Prof. Dr. Dr.h.c. Hans List,  
Graz, AT

74 Vertreter:

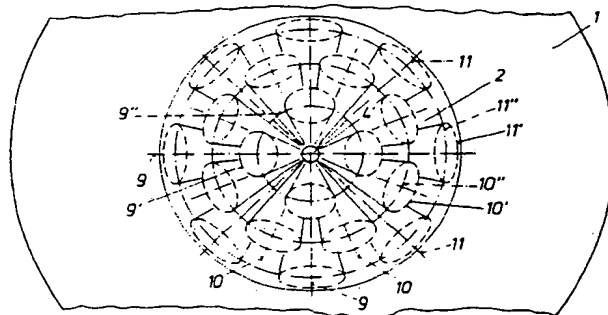
Klunker, H., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat.; Schmitt-Nilson, G.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Hirsch, P., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München

72 Erfinder:

Bürgler, Ludwig, Dipl.-Ing., Graz, AT

54 Dieselmotor kleinerer Leistung

- 57 Bei einem Dieselmotor kleinerer Leistung mit direkter Kraftstoffeinspritzung mittels einer achsgleich mit der Zylinderachse angeordneten Einspritzdüse sowie einer im Kolben angeordneten rotationskörperförmigen Brennraummulde ist die Brennraummulde (2) im Kolben (1) wenigstens angenähert halbkugelförmig zum ebenen Boden des Zylinderkopfes hin offen ausgebildet. Die Verbrennungsluft weist keinen Drall auf und die Einspritzdüse (4) weist mehrere, mindestens zwei Reihen von Einspritzbohrungen, vorzugsweise zusammen 15 oder 20 Einspritzbohrungen auf, wobei die Achsen der Einspritzbohrungen (9, 10, 11) jeder Reihe auf je einem von mehreren konzentrischen Kegelmäntel (9'', 10'', 11'') liegen und die Öffnungswinkel der Kegelmäntel sowie die Durchmesser und die Abstände der Einspritzbohrungen (9, 10, 11) so gewählt sind, daß der Kraftstoff in der Brennraummulde (2) möglichst gleichmäßig verteilt und im wesentlichen kein Kraftstoff auf die Brennraumwand (2') aufgetragen wird.



DE 41 36 851 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Dieselmotor kleinerer Leistung mit je einem oder zwei Einlaß- und Auslaßventilen, mit direkter Kraftstoffeinspritzung mittels einer vorzugsweise gegenüber der Zylinderachse exzentrisch und geneigt angeordneten Einspritzdüse, sowie einer im Kolben angeordneten rotationskörperförmigen Brennraummulde.

Bei Dieselmotoren dieser bekannten Art weist die Brennraummulde, welche am Ende des Verdichtungshubes nahezu die gesamte Verbrennungsluft aufnimmt und einen größten Durchmesser hat, der etwa gleich oder kleiner als der halbe Kolbendurchmesser ist, weist an ihrem Übergang zum Zylinderraum eine erhebliche Einschnürung auf. Es ist ferner ein Einlaßkanal zur Erzeugung einer Rotation der einströmenden Luft um die Zylinderachse vorgesehen.

Bei diesen bekannten Dieselmotoren erfolgt die Gemischbildung also nach dem sogenannten Drallverfahren, bei welchem die Mischung von Luft und Kraftstoff durch die Zerstäubung des Kraftstoffes beim Einspritzen durch kleine Düsenbohrungen, ferner durch die Erfassung des beim Einspritzen nicht unmittelbar getroffenen Kraftstoffes durch Drehung der Luft um die Zylinderachse.

Man erreicht beim Drallverfahren bei den üblichen drei bis fünf Düsenbohrungen bei raucharmer Verbrennung eine Luftüberschußzahl von 1,5 bis 1,6. Die Luft wird also bei diesem Verfahren nicht sehr gut ausgenutzt.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß die Ursache dieser verhältnismäßig schlechten Luftausnutzung im wesentlichen, in der Bewegung der Luft durch Drall liegt. Es scheint nicht möglich, auch wegen der zusätzlich von anderen Ursachen herrührenden Luftbewegungen eine auch nur annähernd homogene Gemischbildung zu erreichen. Es entsteht eine stark inhomogene Mischung, die Gemischteile mit kleinerem und größerem Luftüberschuß enthält. Die Gemischteile mit kleinem Luftüberschuß sind Ursache für die Rußbildung und begrenzen die insgesamt zulässige Kraftstoffzufuhr. Jene Gemischteile, die am heißesten verbrennen, werden auch die obere Grenze des  $\text{NO}_x$ -Gehaltes der Ladung bestimmen. Daher wird die Ladung im allgemeinen umso weniger Ruß und  $\text{NO}_x$  enthalten, je homogener sie bei gleichem Mittelwert des Luftüberschusses  $\lambda$  ist. Je kleiner  $\lambda$  bei qualitativ zulässiger Verbrennung werden kann, desto besser wird die Luft ausgenutzt und desto größer wird das im Zylinder erzielte  $p_1$  bei sonst gleichen Verhältnissen.

Die entsprechenden Voraussetzungen zu schaffen, ist Aufgabe der Erfindung.

Die Erfindung besteht darin, daß die Brennraummulde im Kolben in an sich bekannter Weise wenigstens angenähert halbkugelförmig und zum ebenen Boden des Zylinderkopfes hin offen ausgebildet ist und daß die Verbrennungsluft in dieser praktisch keinen Drall aufweist und die Einspritzdüse mehrere, mindestens zwei Reihen von Einspritzbohrungen, vorzugsweise zusammen 15 oder 20 Einspritzbohrungen, aufweist, wobei die Achsen der Einspritzbohrungen jeder Reihe auf je einem von mehreren konzentrischen Kegelmänteln liegen und die Öffnungswinkel der Kegelmäntel sowie die Durchmesser und die Abstände der Einspritzbohrungen so gewählt sind, daß der Kraftstoff in der Brennraummulde möglichst gleichmäßig verteilt und im wesentlichen kein Kraftstoff auf die Brennraumwand aufgetra-

gen wird. Hierbei wird zur Gemischbildung hauptsächlich das Mitreißen der Luft beim Ausströmen des Kraftstoffes aus der Düse benützt, was sich gut verwerten läßt.

Die Strahlen haben wegen der erhöhten Anzahl von Einspritzbohrungen einen verhältnismäßig kleinen Abstand, so daß eine genügende Aufteilung des Kraftstoffes auf die Verbrennungsluft dadurch erfolgen kann, daß der Kraftstoff Verbrennungsluft mitreißt und die mitgerissene Luft eine Verbrennung des Kraftstoffes mit dem für vollkommene Verbrennung notwendigen Luftüberschuß bewirkt. Die Strahlen werden beim Austritt aus der Düse durch die starke Reibung zwischen Kraftstoffstrahl und Luft infolge der hohen Geschwindigkeitsdifferenz in feine Tröpfchen zerrissen. Durch die Reibung zwischen den Kraftstofftröpfchen und der Luft wird die Luft beschleunigt, der Kraftstoff verzögert. Die Luft ist durch die Kompression hoch erhitzt und überträgt Wärme an die Kraftstofftröpfchen. Diese werden dadurch bis zur Verdampfung erhitzt, so daß nach einer bestimmten Länge der Kraftstoffstrahlen die Verdampfung beginnt. Durch die Verdampfung wird das Volumen des Kraftstoffes wesentlich vergrößert und damit die Reibungsflächen zwischen Kraftstoff und Luft vergrößert. Dadurch erfolgt ein wesentlich erhöhter Geschwindigkeitsaustausch zwischen Kraftstoff und Luft, gleichzeitig auch ein erhöhter Austausch von Wärme zwischen beiden. Wenn die Entzündungstemperatur des Kraftstoffes erreicht wird, beginnt dieser zu brennen. Dabei wird das Volumen des Kraftstoff-Luftgemisches weiter vergrößert und der Geschwindigkeitsaustausch zwischen Kraftstoff und Luft weiter erhöht, bis sich das brennende Kraftstoffdampf-Luftgemisch annähernd mit gleicher Geschwindigkeit bewegt. Durch die Turbulenz der Strömung wird die Verbrennung beschleunigt.

Bei entsprechender Ausführung der Einspritzdüsen (exakte Bohrungen hinsichtlich Länge und Durchmesser) vor allem hinsichtlich der Zerstäubung des Kraftstoffes und der Strahlweite mit sonstiger exakter Ausführung der Düsenbohrungen, z. B. gleicher Zufluß zu den Düsenbohrungen, erhält man eine vorbestimmte gesetzmäßige Aufteilung des Kraftstoffes auf die einzelnen Düsenbohrungen.

Die gleichmäßige Verteilung des Kraftstoffes auf die Luft längs der Kraftstoffstrahlen muß durch entsprechende Abstimmung des die Achse der Düsenbohrungen umgebenden Freiraumes, ferner durch die Ausbildung und Anordnung der Kraftstoffstrahlen bewirkt werden.

Die Reihen von Einspritzbohrungen weisen einen kleinen axialen Abstand voneinander auf, wobei die Einspritzbohrungen der vorzugsweise zwei oder drei Reihen, die gleiche oder verschiedene Durchmesser haben können, in Umfangsrichtung gegeneinander versetzt sind. Auf diese Weise gelingt es, bei gleichem Gesamtspritzlochquerschnitt eine größere Anzahl kleinerer Düsenbohrungen unterzubringen, wobei gleichzeitig auf eine gleichmäßige Verteilung des Kraftstoffes im Brennraum eingewirkt werden kann.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann zusätzlich eine Einspritzbohrung in der Achse der Einspritzdüse angeordnet sein, wodurch die gleichmäßige Verteilung des Kraftstoffes im Achsbereich der Brennraummulde erleichtert werden kann.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die im Kolben angeordnete Brennraummulde einen Durchmesser aufweist, der gleich oder kleiner ist als der halbe Kolbendurchmesser. Dadurch kann bei vorgegebenem Ver-

dichtungsverhältnis, z. B. 1:20, die angestrebte angenähert halbkugelförmige Form des Brennraumes sichergestellt werden.

Zur Beherrschung der sonst hohen thermischen Belastung des Ausströmrandes der Brennraummulde kann in weiterer Ausgestaltung der Erfindung die Brennraummulde im Bereich oberhalb ihres Krümmungsmittelpunktes mit dem selben Krümmungsmittelpunkt kugelig oder konisch bis zylindrisch ausgebildet sein.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der schematischen Zeichnungen an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 und 2 die erfindungswesentlichen Teile eines Dieselmotors gemäß der Erfindung und zwar Fig. 1 einen Axialschnitt durch den Kolben und Fig. 2 dazu eine Ansicht. Fig. 3 und 4 zeigen die Düsenspitze in größerem Maßstab und zwar Fig. 3 im Axialschnitt und Fig. 4 in Ansicht von oben.

Der mit 1 bezeichnete Kolben, der sonst nicht näher dargestellten Brennkraftmaschine, weist eine halbkugelförmige Brennraummulde 2 auf, welche in der Achse 3 des Kolbens 1 angeordnet ist. Dieser Kolben ist in seiner oberen Totpunktlage dargestellt, in welcher sich wegen des sehr geringen Abstandes des Kolbens 1 vom nicht dargestellten Boden des Zylinderkopfes, praktisch die gesamte Verbrennungsluft befindet. In dieser Stellung taucht die Düse 4, welche auch gegenüber der Zylinderachse exzentrisch und geneigt sein kann, mit ihrer Spitze 4' in die rotationssymmetrische Brennraummulde 2 ein, wobei sich die Düsenspitze 4' oberhalb des Krümmungsmittelpunktes 5 der Brennraummulde 2 befindet. Die Ausströmöffnung 6 der Brennraummulde 2 ist im Bereich des Krümmungsmittelpunktes 5 der Brennraummulde 2 zur Verstärkung des Muldenrandes 6' anschließend an die Kugelform der Brennraummulde etwa kegelig ausgeführt, wobei diese Form mit einer Abrundung 7 in den Kolbenboden 1' übergeht. Die Düsenspitze 4' weist, ausgehend vom Sackloch 8 drei Reihen von Düsenbohrungen auf, von welchen die unterste Reihe aus vier Düsenbohrungen 9, die mittlere Reihe aus acht Düsenbohrungen 10 und die oberste Reihe aus acht Düsenbohrungen 11 besteht, deren Durchmesser vorzugsweise gleich groß ist. Die aus den Düsenbohrungen 10 gebildete mittlere Reihe ist gegenüber den aus den Düsenbohrungen 9 und den Düsenbohrungen 11 gebildeten Reihen versetzt angeordnet.

In Fig. 1 und 2 sind die den Düsenbohrungen 9, 10 und 11 zugeordneten Achsen durch ihre gleichbezeichneten Strahlachsen dargestellt. Die zugehörigen teilweise gestrichelt angedeuteten Spritzkegel sind mit 9', 10' und 11' bezeichnet. Die Achsen der Düsenreihen liegen je auf einem Kegelmantel, deren Spuren in Fig. 2 mit 9'', 10'' und 11'' bezeichnet sind. Die Kegelmäntel 9'', 10'', 11'' sind konzentrisch zur Kolben- oder Düsenachse 3 angeordnet und können etwa folgende Öffnungswinkel aufweisen: Kegelmantel 9'': 60° bis 0°, Kegelmantel 10'': 120° bis 90° und Kegelmantel 11'': 170° bis 140°. Die Aufteilung der Düsenbohrungen soll so erfolgen, daß die zugehörigen Strahlen zwar einen geringen Abstand voneinander haben, sich jedoch nicht berühren. Infolge der vorzugsweise gleichen Düsenbohrungen sind auch die Spritzkegel angenähert die selben; deren Strahllänge ist so bemessen, daß praktisch kein Kraftstoff auf die Wand 2' der Brennraummulde 2 aufgetragen wird.

1. Dieselmotor kleinerer Leistung mit je einem oder zwei Einlaß- und Auslaßventilen, mit direkter Kraftstoffeinspritzung mittels einer vorzugsweise gegenüber der Zylinderachse exzentrischen und geneigt angeordneten Einspritzdüse, sowie einer im Kolben angeordneten rotationskörperförmigen Brennraummulde, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Brennraummulde (2) im Kolben (1) in an sich bekannter Weise wenigstens angenähert halbkugelförmig und zum ebenen Boden des Zylinderkopfes hin offen ausgebildet ist und daß die Verbrennungsluft in dieser praktisch keinen Drall aufweist und die Einspritzdüse (4) mehrere, mindestens zwei Reihen von Einspritzbohrungen, vorzugsweise zusammen 15 oder 20 Einspritzbohrungen, aufweist, wobei die Achsen der Einspritzbohrungen (9, 10, 11) jeder Reihe auf je einem von mehreren konzentrischen Kegelmänteln (9'', 10'', 11'') liegen und die Öffnungswinkel der Kegelmäntel sowie die Durchmesser und die Abstände der Einspritzbohrungen (9, 10, 11) so gewählt sind, daß der Kraftstoff in der Brennraummulde (2) möglichst gleichmäßig verteilt und im wesentlichen kein Kraftstoff auf die Brennraumwand (2') aufgetragen wird.

2. Dieselmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine Einspritzbohrung in der Achse (3) der Einspritzdüse (4) angeordnet ist.

3. Dieselmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennraummulde (2) im Bereich oberhalb ihres Krümmungsmittelpunktes (5) mit dem selben Krümmungsmittelpunkt kugelig oder konisch bis zylindrisch ausgebildet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

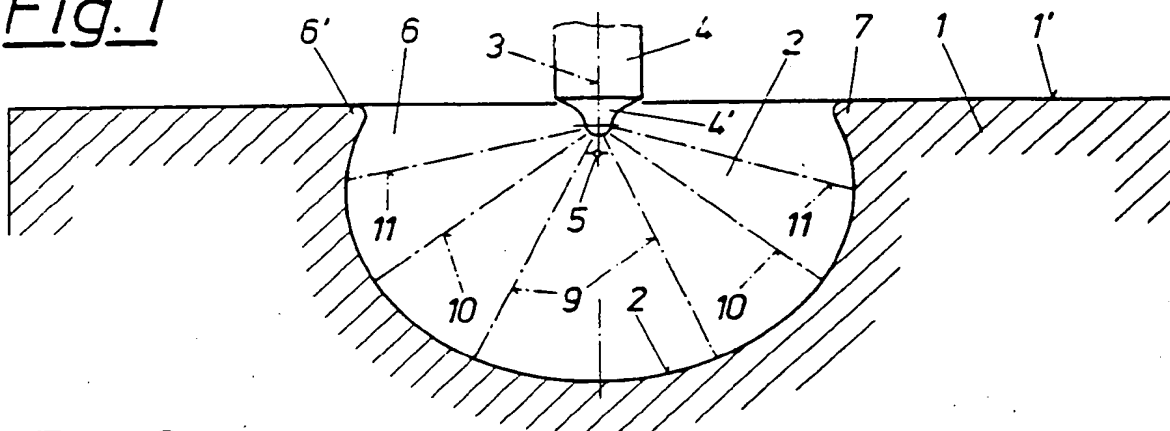


Fig. 2

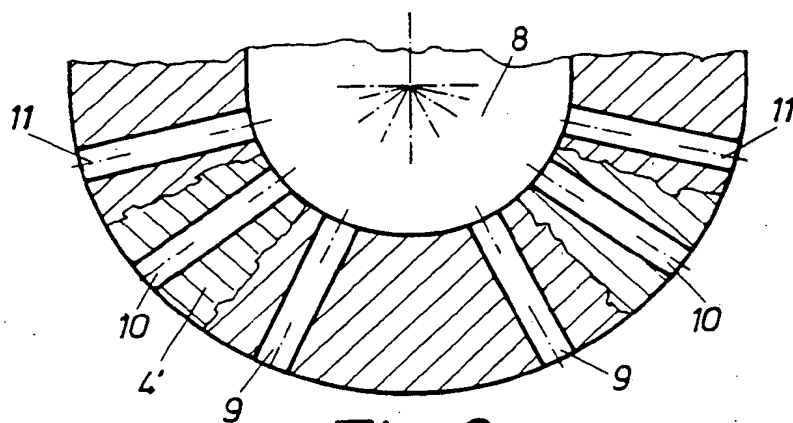
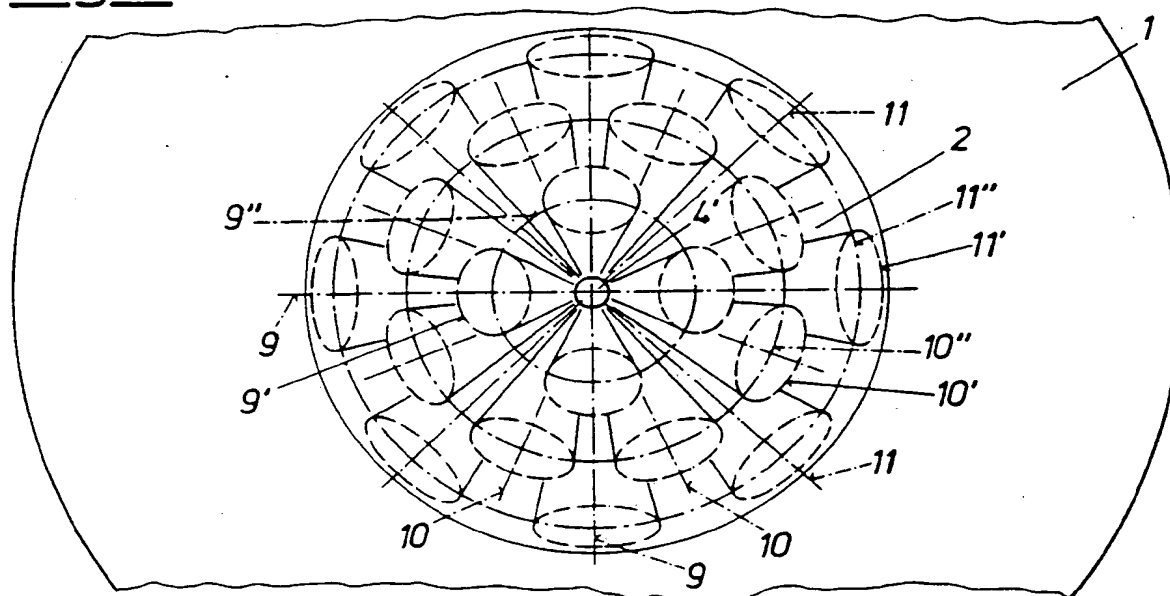


Fig. 3

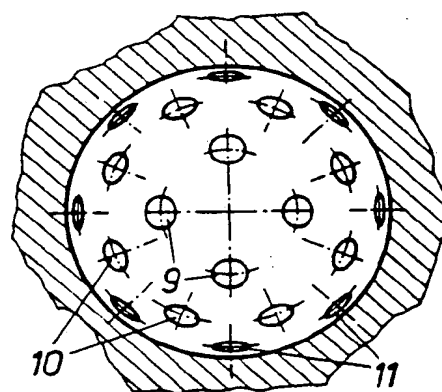


Fig. 4